6M

УДК 004.942

Мьят Ньен Мое[1], Ю.И. Нечаев[2]
[1]Государственный морской технический университет,
Санкт-Петербург, Россия
[2]Институт высокопроизводительных вычислений и информационных систем,
Санкт-Петербург, Россия

Интеллектуальная поддержка оператора бортовой интеллектуальной системы с использованием имитационного моделирования

Обсуждается задача интеллектуальной поддержки оператора бортовой интеллектуальной системы. Особое внимание уделяется построению системы с использованием методов имитационного моделирования. Функционирование системы в режиме реального времени осуществляется на базе многопроцессорного вычислительного комплекса.

Введение

Контроль и прогноз развития экстремальных ситуаций в бортовых интеллектуальных системах (ИС) осуществляется на основе динамической базы знаний. В процессе ее функционирования формируются процедуры интеллектуальной поддержки оператора, позволяющие принимать оперативные решения в условиях неопределенности и неполноты исходной информации [1-21]. Вычислительные технологии, используемые в процессе контроля, ориентированы на интерпретацию экстремальных ситуаций в рамках принципа конкуренции [8]. Среди методов и моделей, реализующих процедуры генерации сценариев взаимодействия, анализ альтернатив и выбор предпочтительного решения находят применение теория графов, имитационное моделирование (ИМ) и методы анализа альтернатив в нечеткой среде [2], [11], [18]. В качестве исходной информации при решении задачи контроля экстремальных ситуаций в условиях эксплуатации используются данные динамических измерений, поступающие от датчиков измерительной системы [4], [10]. На стадии разработки методов и моделей контроля важная роль принадлежит ИМ. Использование ИМ в системах интеллектуальной поддержки принятия решений позволяет осуществлять анализ динамики судна и внешней среды для различных сценариев взаимодействия. Эта информация позволяет всесторонне изучать особенности исследуемой ситуации в сложных условиях эксплуатации в зависимости от скорости судна, курсового угла волны, глубины фарватера и др.

Наряду с исследованием указанных вопросов при ИМ отрабатываются многие важные вопросы, связанные с прогнозированием поведения судна в динамических ситуациях – оценкой мореходных качеств, выработкой практических рекомендаций по повышению эффективности функционирования в заданных условиях эксплуатации. Важное значение при формировании процедур принятия решений приобретает разработка инструментальных средств, позволяющих осуществлять интеллектуальную

поддержку оператора и минимизировать затраты на описание сложного поведения судна [9], [19]. Инструментальные средства, используемые при ИМ в системе интеллектуальной поддержки представляют собой отображение подхода, формализма, методики и технологии, формулируемых при описании принципов построения системы и ее функциональности. Основными требованиями, реализуемыми при разработке системы, являются адекватность, компактность описания, интерпретируемость, масштабируемость и расширяемость [13], [17-20].

Выработка и принятие решений на основе результатов ИМ является наиболее ответственным этапом всего процесса использования этого мощного средства получения информации для принятия обоснованных решений. Оперируя с сущностями модели поведения, а не с реальной динамикой судна, оператор должен располагать дополнительными средствами, позволяющими реализовать этот процесс до практического воплощения путем декомпозиции его на более мелкие составляющие: распознавание ситуации, выработка цели, построение плана достижения цели [4].

1. Имитационное моделирование в бортовых ИС

Имитационное моделирование (ИМ) в бортовых интеллектуальных системах (ИС) является эффективным инструментом оценки динамических характеристик, определяющих взаимодействие судна с внешней средой в сложных ситуациях. Результаты ИМ используются в задачах анализа и прогноза при принятии решений по управлению судном в сложной гидрометеорологической обстановке. Построение моделей принятия решений осуществляется на основе информационного подхода в реальном масштабе времени с учетом ограниченности ресурсов [4].

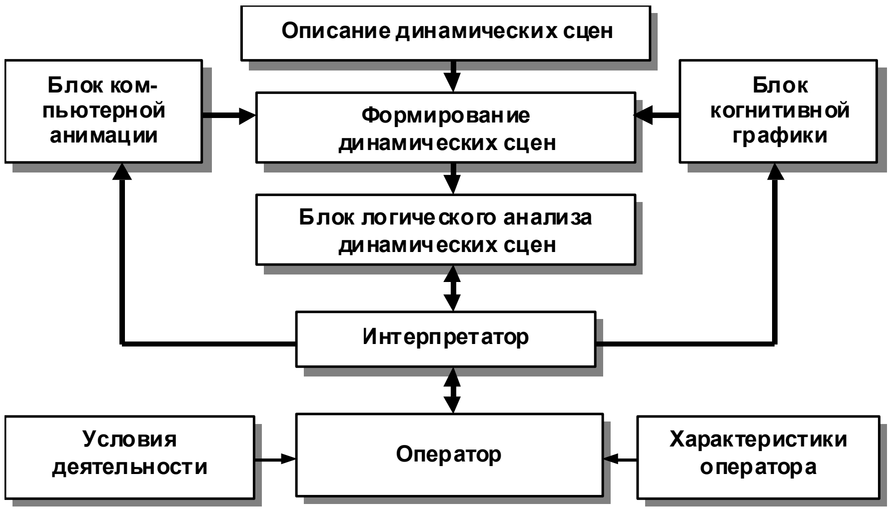


Рисунок 1 – Система интеллектуальной поддержки оператора

Повышение эффективности взаимодействия системы «Оператор – ИС» при управлении судном достигается за счет интеллектуализации управления, которое в условиях неопределенности реализуется с помощью построения адаптивной компоненты [10]. Функционирование адаптивной компоненты основано на изменении параметров и структуры используемых моделей динамической базы знаний. В результате обработки текущей информации от датчиков измерительной системы происходит модификация моделей с помощью адаптивной компоненты. Недостаток априорной информации в адаптивных системах компенсируется благодаря

целенаправленной обработке текущей информации с привлечением данных ИМ. Процесс накопления информации для обеспечения работы адаптивной системы связан с затратами времени, что в итоге приводит к запаздыванию получения ИС информации, необходимой для принятия обоснованных решений. Это существенно снижает эффективность ИС и затрудняет ее функционирование в режиме реального времени. Поэтому актуальной является задача прогнозирования ситуаций, описываемых состояниями ДО и внешней среды для адаптивного управления. Такой прогноз может быть выполнен при использовании методов ИМ.

Представим исходную математическую модель как локальное дискретное преобразование [2], [4]

$$Y_i = \Phi_m\left(X_i, Y_{i-1}, W_i\right), \qquad (1)$$

где Y_i – моделируемое состояние судна в i-й момент времени. Y_{i-1} – тоже, но в момент времени $i-1$; X_i и W_i – состояние внешней среды и внутреннее состояние судна в i-й момент времени.

Введем понятие вектора исходных данных $\overline{X_j}$ и вектора поведения модели $\overline{Y_j}$ в j-м прогоне

$$\overline{X_j} = \left(x_{1j},...,x_{Nj}\right); \qquad \overline{Y_j} = \left(y_{1j},...,y_{Nj}\right); \left(j = \overline{1,k}\right), \qquad (2)$$

где N – объем одного прогона модели; k – число прогонов.

В качестве критериев адекватности могут быть использованы допустимые расхождения теоретических и экспериментальных данных при оценке амплитудных значений различных видов качки (детерминированные или вероятностные отношения для угловых и линейных перемещений, скоростей и ускорений), а также ограничения, накладываемые на расхождение временных и фазовых траекторий при оценке поведения динамической системы, условия проверки принадлежности выборочных данных эмпирическим законам распределений (законы Гаусса, Рэлея, Вейбулла и др.).

Оценка адекватности усложняется для математических моделей большой размерности (например, при исследовании наклонения судна с учетом поперечно-горизонтальной и вертикальной качки). В этом случае содержательность задачи восстановления параметров определяется не только структурой модели, но и принятыми критериями близости теоретических и экспериментальных данных, а также степенью полноты вектора критериев.

В задачах оценки поведения судна в рассматриваемой ситуации имитационная модель может быть представлена в виде:

$$\Phi_{i,m} \in \{F_M, P(\overline{X})\}, \ (i = \overline{1,N}), \qquad (3)$$

где F_M – оператор, отображающий множество ситуаций $\{\overline{X}\}$ в множество поведений $\{\overline{Y}\}$ локальной модели Φ_m; i – рассматриваемый момент времени; $P(\overline{X})$ – вероятностное распределение, характеризующее множество исходных данных.

Множества $\{\overline{X}\}$ и $\{\overline{Y}\}$ в j-м решении (прогоне) связаны соотношением:

$$\overline{Y} = F_M(\overline{X}), \ \overline{Y} = \{Y_j\}, \ \overline{X} = \{X_j\}, \ \left(j = \overline{1,k}\right). \qquad (4)$$

Условие адекватности определяется как

$$Y \in S \ \ \forall c \in C_m, \qquad (5)$$

где S – область, ограничивающая поведение модели; C_m – цели моделирования.

Процедура построения адекватной модели связана с решением проблемы выбора класса модели и области S. В качестве меры отклонения поведения модели используется функция штрафа (неадекватности):

$$\Phi(Y,S)=\begin{cases}0, Y\in S,\\ \varphi(Y,S), Y\notin S.\end{cases} \quad (6)$$

Здесь φ(Y, S) – функция, определяющая степень неадекватности.

Разработанная с учетом этих требований математическая модель позволяет обеспечить контроль и прогноз развития исследуемой ситуации при ухудшении характеристик судна на волнении.

Математическая постановка задачи ИМ, подход и методы решения в значительной степени зависят от имеющегося объема априорной информации. Различают два вида информации [18], необходимой для построения и совершенствования модели интеллектуальной поддержки оператора: априорную и текущую. Априорная информация об объекте и динамике его взаимодействия с внешней средой, входных и выходных переменных, внутренних состояниях необходима для построения ИМ. По этой модели создается система ИМ, ее структура, алгоритмы, параметры и критерий функционирования. Задача построения ИМ решается в условиях недостаточной априорной информации об объекте и информационной модели объекта, устанавливающей взаимосвязь между выходными и входными переменными.

Таким образом, при функционировании ИС возникает проблема получения текущей информации для совершенствования системы и необходимости уточнения ее поведения с целью компенсации изменений характеристик системы. Процессы прогнозирования ситуаций, с которыми связана текущая информация, являются достаточно медленными, и для управления ими необходима подсистема тактического (эволюционного) моделирования, а процессы анализа ситуации и принятия решений являются более быстрыми и для управления ими необходима подсистема оперативного управления в режиме реального времени. Время принятия решений в подсистемах эволюционного и оперативного управления существенно отличаются. Процессы оперативного управления обычно являются более быстрыми по сравнению с процессами эволюционного управления. Важнейшей задачей приложений современной теории управления в бортовых ИС является построение информационной модели взаимодействия в системе «Оператор – ИС», формализующей закономерности поведения объекта и внешней среды. На основе этой модели конкретизируются структура, алгоритмы и параметры ИМ, выбираются программно-аппаратные средства реализации ИС. Одним из эффективных методов построения модели сложного объекта является идентификация.

Необходимость использования моделей тактического (эволюционного) и оперативного управления связана с тем, что перед этими моделями ставятся разные цели, а процессы, которые они описывают, протекают в разных масштабах времени. При этом степень полноты модели и ее соответствие реальному объекту зависят от поставленных целей. Модели эволюционного управления являются достаточно «инерционными» и отражают эволюцию в конкретной области знаний. Модели оперативного управления второго имеют информационный характер и соответствуют конкретным целям принятия решений по управлению ДО. Очевидно, что такое деление достаточно условно в формальном отношении, но удобно с точки зрения отражения целей моделирования.

На базе общего подхода к методологии моделирования сложных технических систем можно сформулировать требования к прикладной теории моделирования и конкретизировать ее приложение для решения поставленной задачи организации интеллектуальной поддержки оператора в бортовых ИС реального времени. Алгоритм решения состоит в построении тактической (эволюционной) модели процесса функционирования системы интеллектуальной поддержки и на ее основе реализовать модель оперативного управления, используемую для решения практических задач оперативного управления и принятия решений. Таким образом, поставленную задачу можно трактовать как задачу автоматизации исследования для целей синтеза тактической и оперативной моделей управления ИС и проверки эффективности ее функционирования.

2. Концептуальная модель и структура системы интеллектуальной поддержки

Большой объем используемых знаний, опыт разработки и испытаний бортовых ИС в различных условиях эксплуатации выдвигает необходимость формулировки в рамках теории моделирования подхода к созданию системы интеллектуальной поддержки оператора в общей теории человеко-машинных систем. Разработка прикладной теории, обеспечивающей потребности оператора и охватывающей процесс моделирования при функционировании ИС, ведется на базе системного подхода. Суть этого подхода состоит в установлении основ теории: содержания, структуры и логики теории, понятий об объекте и предметной области. Для этого привлекаются методы и языки моделирования, теории планирования машинных экспериментов, высокопроизводительные средства вычислений, математический аппарат анализа и интерпретации данных моделирования [16-20].

Объектом прикладной теории интеллектуальной поддержки в сложных ситуациях является непосредственно процесс моделирования в системе «Оператор – ИС». Этот процесс обозначим через S и представим как результат последовательного перехода от моделируемого объекта (системы S) сначала к статической модели S(M), используемой в задачах прогноза при стратегическом управлении, а затем к динамической модели D(M), непосредственно используемой при оперативном управлении в рамках принципа конкуренции на базе методов классической теории управления, нечетких и нейросетевых алгоритмов. Анализ альтернатив и принятие решений осуществляются на основе критериальной системы, включающей национальные K(N) и международные K(I) требования к безопасности судна. Переход от модели S(M) к модели D(M) осуществляется через описание C (концептуальную модель системы), фиксирующее сведения об ДО, процессе S в понятиях языка L в терминах типовых конкурирующих математических схем и структур. При выборе схемы ИМ вводится понятие среды W, позволяющее использовать информацию прикладного характера J о целях моделирования, законах функционирования системы, имеющемся математическом аппарате для исследования методов и алгоритмов управления ИС.

Таким образом, объектом рассматриваемой прикладной теории является процесс моделирования. Построение и изучение этого процесса осуществляется на основе «модели моделей», которая получила название репромодели RM [18] (от англ. reproduce – воспроизводить, порождать). Репромодель представляет собой упрощенный

и наглядный прототип создаваемых в ИС моделей. Такая интерпретация дает возможность эффективного использования априорной и оперативной информации в системе S в процессе ее функционирования.

Поток информации в репромодели представлен на рис. 2. Здесь C – концептуальная модель; S – система (объект) моделирования; $S_1(M)$, …, $S_m(M)$ и $D_1(M)$, …, $D_n(M)$ – статические и динамические модели прогноза и оперативного управления; U – управляющая компонента, обеспечивающая переход к статическим и динамическим моделям; L – язык моделирования, характеризующий типовые математические схемы и структуры; A – алгоритм поведения системы; K(N) и K(I) – критериальные соотношения национальной и международной систем, регламентирующих безопасность судна.

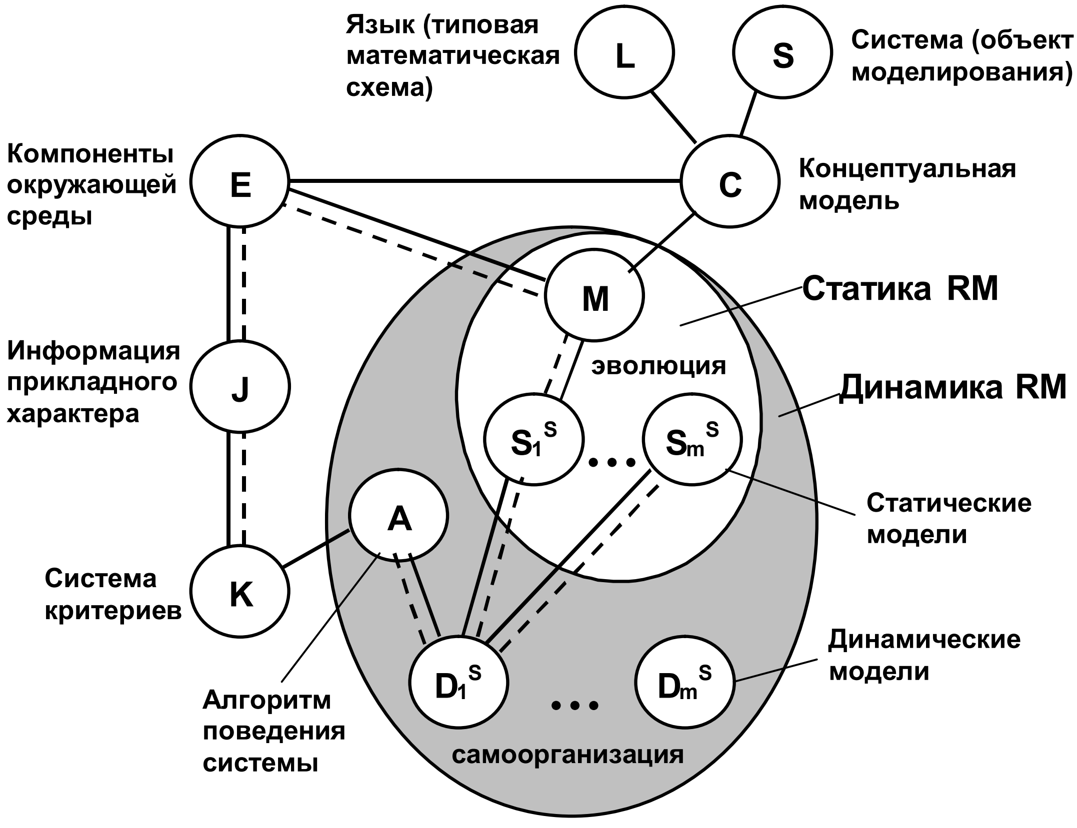


Рисунок 2 – Поток информации при функционировании системы интеллектуальной поддержки оператора: 1 – статика RM; 2 – динамика RM; 3 – ансамбль моделей статики; 4 – ансамбль моделей динамики

Светлым овалом на рис. 2 представлена область статических моделей прогноза (эволюционное моделирование), представляющая движение в пространстве статических моделей в процессе функционирования системы. Темный овал – область динамических моделей, характеризующая движение в пространстве динамических (активных) моделей, которая получила название «моделирование с самоорганизацией». Компоненты модели C базируются на эвристических представлениях и могут изменяться в процессе накопления информации о динамике взаимодействия объекта с внешней средой в различных условиях эксплуатации.

3. Параллельная обработка информации и технология программирования

При анализе и интерпретации результатов ИМ большое внимание уделяется разработке новых способов и средств синтеза и отображения информации. Задачи, возникающие при создании таких вычислительных технологий, имеют большие возможности для распараллеливания, что в свою очередь позволяет использовать для их решения распределенные вычислительные среды. Это могут быть кластерные среды, построенные с использованием методов теории динамических стохастических сетей. Использование распределенных вычислений объясняется широкими возможностями распараллеливания задач визуализации при имитации сложных динамических ситуаций. При компьютерной реализации имитационного и виртуального моделирования возникает проблема поиска компромисса между необходимостью увеличения затрат времени на моделирование, то есть числа реализаций на интервале (0,T) для повышения точности и достоверности результатов моделирования (прогнозирования), и необходимостью уменьшения затрат машинного времени из условий управления в режиме реального времени. При использовании имитационной модели в контуре управления системой возникает также проблема оперативного обновления информации как в базе данных об объекте, так и в базе данных об эксперименте, то есть в данном случае о конкретном прогнозе. Это накладывает дополнительные ограничения на выбор моделей и программных систем ИМ, который осуществляется в рамках принципа конкуренции [8] на базе эффективных алгоритмов анализа альтернатив в нечеткой среде [11] (рис. 3).

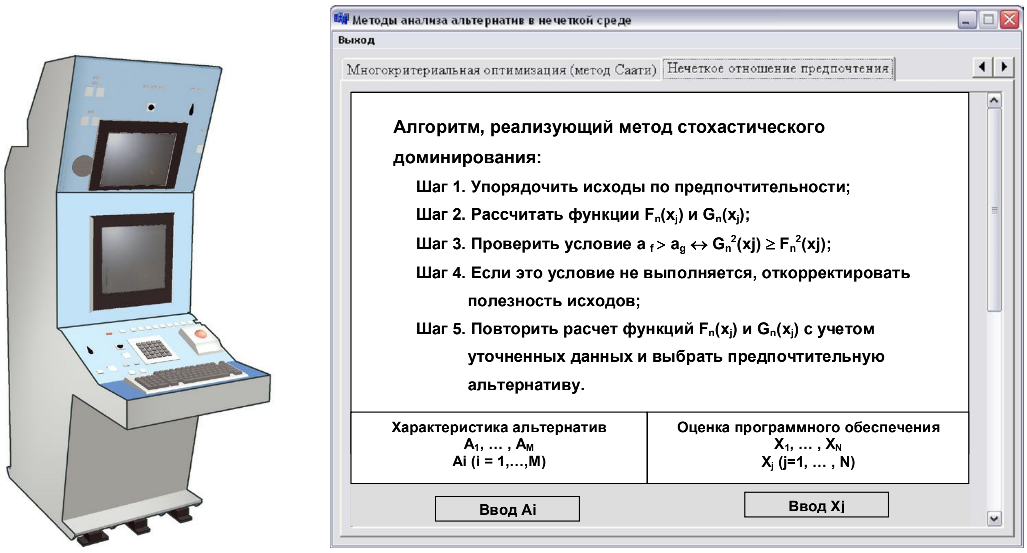


Рисунок 3 – Вычислительный комплекс и алгоритм обработки информации

Реализация разработанной вычислительной технологии решения сложных задач виртуального моделирования может быть осуществлена на базе многопроцессорного вычислительного комплекса обработки информации в режиме обслуживания потока задач [6], [10]. Текущая параллельная программа представляется в виде информационного графа G = (VE), который определяет множество {V=1,2,…,V} ветвей параллельной программы (процессов) и множество $E \subseteq V \times V$ информационно-логических связей (коммуникации) между ее ветвями. Множество вершин V и ребер E

графа G содержит весовые функции w(i),$i \in V$, характеризующие количество выполняемых ветвями арифметических и логических операций, а также объемы данных d(i, j) и размеры сообщений m(i, j), передаваемые между процессами за время выполнения обучающей программы ([d(i, j)], [m(i, j)], i, j $\in$V).

Распределенный граф $G_S = (V_S, E_S)$ описывает множество процессорных ядер V_S и множество логических каналов связи $E_S = V_S \times V_S$. На множестве процессорных ядер задана весовая функция w(C),C $\in V_S$, которая ставит в соответствие процессорным ядрам их производительности [w(C)] = FLOPS. На множестве ребер E заданы функции $l(C_1, C_2, m)$ и $b(C_1, C_2, m)$ – латентность и пропускная способность канала связи между процессорными ядрами C_1, $C_2 \in V$ при передаче сообщений размером байт ([$l(C_1, C_2, m)$] = C, [$b(C_1, C_2, m)$] = бит/с. На основе этой формализации осуществляется построение функции f:V $\to V_S$, позволяющей минимизировать время выполнения программы с учетом распределения параллельных ветвей (процессов) по процессорным ядрам. Функция f ставит в соответствие ветвям параллельной программы процессорные ядра распределенной вычислительной системы:

$$X = \left\{ x_{ij} : i \in V,\, j \in V_s \right\}, \quad x_{ij} = \begin{cases} 1, & if \quad f(i) = j; \\ 0, & then. \end{cases} \tag{7}$$

Время выполнения параллельной программы t′ оценивается максимальным временем выполнения ее ветвей. Для отдельной ветви время t_i'($i \in V$) состоит из времени выполнения операций процессорным ядром t_i^{comp} и времени взаимодействия со смежными ветвями t_i^{comm} [6]:

$$t' = \max_{i \in V}\{t_i'\} = \max_{i \in V}\{t_i^{comp} + t_i^{comm}\}, \quad t_i^{comp} = \sum_{p=1}^{N} x_{ip} \cdot \frac{w(i)}{\omega(p)},$$

$$t_i^{comm} = \sum_{j=1}^{M}\sum_{p=1}^{N}\sum_{q=1}^{N} x_{ip} \cdot x_{jq} \cdot t(i,j,p,q). \tag{8}$$

Время передачи сообщения между процессорными ядрами для ветвей определяется по модифицированной формуле Хокни (Hockney [21]):

$$t(i,j,p,q) = l(p,q,m(i,j)) \cdot \frac{d(i,j)}{m(i,j)} + \frac{d(i,j)}{b(p,q,m(i,j))}. \tag{9}$$

В окончательном виде задача оптимального назначения ветвей параллельной программы на процессорные ядра может быть сформулирована в виде [6]:

$$T(X) = \max_{i \in V}\left\{ \sum_{p=1}^{N} x_{ip} \cdot \frac{w(i)}{\omega(p)} + \sum_{j=1}^{M}\sum_{p=1}^{N}\sum_{q=1}^{N} x_{ip} \cdot x_{jq} \cdot t(i,j,p,q) \right\} \to \min_{(x_{ij})} \tag{10}$$

при ограничениях

$$\sum_{j=1}^{N} x_{ij} = 1,\ i = 1, 2, \ldots, M,$$

$$\sum_{i=1}^{M} x_{ij} \le 1,\ j = 1, 2, \ldots, N, \tag{11}$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\},\ i \in V, j \in V_S.$$

Здесь первое и третье ограничения гарантируют назначение каждой ветви параллельной программы на единственное процессорное ядро, а второе ограничение обеспечивает назначение на ядро не более одной ветви. Решение задачи (10), (11) ведется на основе стандартных алгоритмов [6]. При этом учитываются производительности каналов связи коммуникационных сред структуры параллельных программ.

Программа виртуального моделирования реализована в среде разработки Microsoft Visual C++ при помощи пакета создания трёхмерной графики GLUT (OpenGL Utility Toolkit) на языке программирования C++ [9]. Несомненными достоинствами пакета GLUT являются платформенная независимость и широкие возможности по управлению графическими окнами и настройке контекстных меню программы. Технология OpenGL наряду с DirectX от Microsoft является наиболее распространённым средством разработки компьютерных программ инженерной и научной визуализации, использующих динамическую трёхмерную графику. Трёхмерная модель ДО записана в формате Wavefront (разработка Silicon Graphics), являющимся одним из наиболее распространённых форматов распространения трёхмерных графических объектов. Текстуры ДО и волнения имеют формат RGB (также разработка Silicon Graphics).

Заключение

Реализация предлагаемой стратегии и технологии интеллектуальной поддержки оператора позволяет:

1. Сформировать гибкое информационное пространство, включающее методы имитационного и виртуального моделирования, настраиваемые адаптивные автоматизированные циклы обучения с учетом особенностей оператора и изменения его знаний и навыков в процессе обучения.

2. Реализовать инструментальную среду, формирующую у оператора понятия и взаимосвязи предметной области, а также возможность взаимодействия с ИС при анализе и интерпретации сложных ситуаций.

Таким образом, моделирование процессов взаимодействия ДО с внешней средой при интеллектуальной поддержке в системе «Оператор – ИС» для целей управления в режиме реального времени имеет ряд специфических особенностей, но методика моделирования и принципы реализации моделирующих алгоритмов сохраняются.

Литература

1. Нечеткие множества в задачах управления и искусственного интеллекта / Аверкин А.Н., Батыршин А.Н., Блишун А.Ф., Силов В.Б., Тарасов В.Б. / Под ред. Д.А. Поспелова. – М.: Наука, 1986.
2. Вульф Г., Растригин Л. Ассоциативное моделирование // Автоматика и вычислительная техника. – 1997. – С. 3-15.
3. Зенкин А.А. Когнитивная компьютерная графика. – М.: Наука, 1991.
4. Интеллектуальные системы в морских исследованиях и технологиях / Александров В.Л., Матлах А.П., Нечаев Ю.И., Поляков В.И., Ростовцев Д.М. – Санкт-Петербург: ГМТУ, 2001.
5. Ковалев С.Н. К применению информационно-компьютерных технологий в математическом моделировании систем // Сборник научных трудов МАДИ (ГТУ). – Москва: МАДИ, 2001.
6. Курносов М.Г., Пазников А.А. Об оптимизации распределения ветвей параллельных MPI-программ по процессорным ядрам вычислительного кластера // Материалы VII Международной конференции-семинара «Высокопроизводительные параллельные вычисления на кластерных системах». – Нижний Новгород. – 2007. – С. 218-223.
7. Марков А.А. Моделирование информационно-вычислительных процессов: Учебное пособие. – М: МГТУ им. Баумана, 1999.

8. Нечаев Ю.И. Математическое моделирование в бортовых интеллектуальных системах реального времени // Тр. 5-й Всероссийской конференции «Нейроинформатика – 2003». – М.: МИФИ. – 2003. – Ч. 2. – С. 119-179.
9. Нечаев Ю.И., Бухановский А.В., Иванов С.А. Виртуальное моделирование динамики судна на морском волнении в интеллектуальных тренажерах // Искусственный интеллект. – 2004. – № 3. – С. 350-359.
10. Нечаев Ю.И. Концептуальные основы создания бортовых интеллектуальных систем. Информационно-измерительные и управляющие системы. Ч. 2. Корабельные системы. – 2006. – № 9. – С. 39-49.
11. Обработка нечеткой информации в системах принятия решений. – М.: Радио и связь, 1990.
12. Прицкер А. Введение в имитационное моделирование и язык СЛАМ II. – М.: Мир, 1987.
13. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем: Учебник для вузов. – М.: Высшая школа, 1998.
14. Теория систем. Математические методы и моделирование. Сборник статей под ред. А. Колмогорова и С. Новикова. – М.: Мир, 1998.
15. Уоссермен Ф. Нейрокомпьютерная техника. – М.: Мир, 1992.
16. Хинчин И.В. Принципы статистического моделирования. – Минск: БГУ, 1997.
17. Эфрон Б. Нетрадиционные методы многомерного статистического анализа. – М.: Финансы и статистика, 1988.
18. Яковлев С.Я. Методология имитационного моделирования распределенных Интеллектуальных информационных систем // Сборник докладов I Всероссийской конференции «Опыт применения языков и программных систем имитационного моделирования в промышленности и прикладных разработках». – Санкт-Петербург. – 2003. – Т. 1. – С.28-35.
19. Law Averill M., Kelton W.D. Simulation modeling and analysis. – McGraw-Hill, 1991.
20. Oakshott L. Business modeling and simulation. – Pearson Education, 1997.
21. Presivac-Grbovic J., Angskum T., Bosilca G., Fagg G.E. Gabriel E., Dongarra J. Performance Analysis of MPI Collective Operations. – Режим дотсупа: [http://www.netlib.org/netlib/utk/people/JackDangarra/PEPERS/coillective.cc.2006. pdf],2006.

М'ят Ньєн Мое, Ю.І. Нечаєв

Інтелектуальна підтримка оператора бортової інтелектуальної системи з використанням імітаційного моделювання

Обговорюється задача інтелектуальної підтримки оператора бортової інтелектуальної системи. Особливу увагу приділено побудові системи з використанням методів імітаційного моделювання. Функціонування системи у режимі реального часу здійснюється на базі багатопроцесорного обчислювального комплексу.

Myat Nyen Moe, Yu.I. Nechayev

Intelligence support of the operator in onboard intellectual system with use of imitating modeling

The task of intelligence support of the operator in onboard intellectual system is discussed. The special attention is given to construction of system with use of methods of imitating modeling. The functioning of system in a real time regime is carried out on the basis of the multiprocessor computer complex.

Статья поступила в редакцию 09.07.2008.